

notícia mais empolgante que ele jamais receberia: um relato de um avanço tecnológico que transformaria a astronomia de um modo geral e a reputação do modelo centrado no Sol em particular. A notícia era tão espantosa que Kepler fez uma anotação especial a respeito da visita de Herr Wackher em março de 1610: “Eu experimentei uma emoção maravilhosa enquanto ouvia esta história curiosa. Fiquei emocionado no mais profundo de meu ser”.

Kepler tinha acabado de ouvir a primeira notícia a respeito do telescópio, que estava sendo usado por Galileu para explorar o céu e revelar detalhes completamente novos do céu noturno. Graças a essa nova invenção, Galileu descobriria evidências provando que Aristarco, Copérnico e Kepler estavam corretos.

Ver para crer

Nascido em Pisa, em 15 de fevereiro de 1564, Galileu Galilei tem sido chamado de pai da ciência e, de fato, seu direito a esse título é baseado num impressionante registro de realizações. Ele pode não ter sido o primeiro a desenvolver uma teoria científica, ou o primeiro a realizar uma experiência, ou a observar a natureza, nem o primeiro a provar o poder da invenção. Mas provavelmente foi o primeiro a se destacar em cada um desses assuntos, sendo um teórico brilhante, um mestre da experimentação, um observador meticuloso e um hábil inventor.

Galileu demonstrou suas múltiplas habilidades durante seus anos como estudante, quando sua mente vagueou durante uma cerimônia na catedral e ele notou um candelabro balançando. Usando seu pulso para medir o tempo de cada oscilação, ele observou que o período para um ciclo de ida e volta permanecia constante, ainda que o arco amplo no início do ritual tivesse se reduzido para uma leve oscilação no final. De volta para casa, ele passou do modo observacional para o experimental e brincou com pêndulos de diferentes comprimentos e pesos. Depois usou seus dados experimentais para desenvolver uma teoria que explicava como o período da oscilação é independente de seu ângulo e do peso, e depende apenas do comprimento do pêndulo. Depois da pesquisa pura, Galileu passou para a invenção e colabo-

rou no desenvolvimento regular permitia seu uso.

Em especial, o aparelho paciente, revertendo os movimentos, ele usou seu pulso para medir o tempo. Ele estava estudando para se tornar um médico. Posteriormente, ele se tornou um médico, seguindo carreira na medicina.

Além de seu intelecto, a curiosidade seria o resultado de tudo o que havia nele. Uma vez exclamou: “Sei que vou descobrir uma vez exclamou: “Sei que vou descobrir”.

Tal curiosidade estava não tinha respeito pela verdade só porque p declarado que era. Por ele duzir que objetos pesados faz uma experiência para a coragem de dizer que a, “escrevera o oposto”.

Quando Kepler ouviu por Galileu para explorar tivesse inventado. Muita fato foi Hans Lippershey teou o telescópio em outubro Lippershey, Galileu anotou uma luneta construída por construir seus próprios instrumentos.

A grande realização Lippershey num instrumento de 1609, Galileu presentou cópia mais poderosa do Marcos, instalaram a luneta uma carta para o cunhado.

rou no desenvolvimento do *pulsilógio*, um pêndulo simples cuja oscilação regular permitia seu uso como medidor de tempo.

Em especial, o aparelho podia ser usado para medir a pulsação de um paciente, revertendo os papéis em relação a suas observações originais, quando ele usou seu pulso para medir o período de uma lâmpada balançando. Galileu estava estudando para ser médico, mas essa foi sua única contribuição para a medicina. Posteriormente ele convenceu o pai a permitir que abandonasse a medicina, seguindo carreira na ciência.

Além de seu intelecto indubitável, o sucesso de Galileu como cientista seria o resultado de sua tremenda curiosidade a respeito do mundo e de tudo o que havia nele. Ele estava bem ciente de sua natureza inquisidora e uma vez exclamou: "Será que nunca vou parar de me admirar?"

Tal curiosidade estava associada a um temperamento rebelde. Galileu não tinha respeito pela autoridade no sentido de aceitar que uma coisa fosse verdadeira só porque professores, teólogos ou os antigos gregos tivessem declarado que era. Por exemplo, Aristóteles tinha usado a filosofia para deduzir que objetos pesados cairiam mais depressa que objetos leves. Mas Galileu fez uma experiência para demonstrar que Aristóteles estava errado. Ele teve a coragem de dizer que Aristóteles, então o mais elogiado intelecto da história, "escrevera o oposto da verdade".

Quando Kepler ouviu pela primeira vez a notícia do uso do telescópio por Galileu para explorar o céu, ele provavelmente presumiu que Galileu o tivesse inventado. Muitas pessoas fazem a mesma suposição ainda hoje. De fato foi Hans Lippershey, um fabricante de óculos flamengo, quem patenteou o telescópio em outubro de 1608. Alguns meses depois da invenção de Lippershey, Galileu anotou que "um boato chegou a nossos ouvidos sobre uma luneta construída por um certo holandês", e imediatamente passou a construir seus próprios telescópios.

A grande realização de Galileu foi transformar o projeto rudimentar de Lippershey num instrumento verdadeiramente extraordinário. Em agosto de 1609, Galileu apresentou o doge de Veneza com o que era então o telescópio mais poderoso do mundo. Juntos eles subiram a torre do sino de São Marcos, instalaram a luneta e observaram a lagoa. Uma semana depois, em uma carta para o cunhado, Galileu informou que o telescópio tinha funcio-

CREER

receberia: um relato de um avanço mia de um modo geral e a reputação lar. A notícia era tão espantosa que feito da visita de Herr Wackher em moção maravilhosa enquanto ouvia "no mais profundo de meu ser".

1564, Galileu Galilei tem sido cha- ireito a esse título é baseado num le pode não ter sido o primeiro a timetro a realizar uma experiência, a provar o poder da invenção. Mas icar em cada um desses assuntos, a experimentação, um observador

bilidades durante seus anos como ante uma cerimônia na catedral e ndo seu pulso para medir o tempo todo para um ciclo de ida e volta mpo no início do ritual tivesse se De volta para casa, ele passou do e brincou com pêndulos de dife- u seus dados experimentais para to o período da oscilação é inde- nde apenas do comprimento do passou para a invenção e colabo-

nado, “para o assombro infinito de todos”. Instrumentos rivais tinham um aumento de cerca de dez vezes, mas Galileu tinha uma compreensão melhor da óptica do aparelho e foi capaz de conseguir ampliações de sessenta vezes. Não somente o telescópio deu aos venezianos uma vantagem na guerra, porque eles podiam ver o inimigo antes que o inimigo os visse, mas também permitia que os mercadores astutos detectassem um navio distante chegando com uma nova carga de tecidos ou especiarias. E com isso eles podiam vender seus estoques antes que os preços de mercado despencassem.

Galileu lucrou com sua comercialização do telescópio, mas percebeu que a invenção também tinha um valor científico. Quando apontou sua luneta para o céu noturno, esta permitiu que ele visse mais longe, mais claramente e mais profundamente no espaço do que qualquer um tinha visto antes. Quando Herr Wacker contou a Kepler sobre o telescópio de Galileu, o astrônomo imediatamente reconheceu seu potencial e escreveu: “Oh, telescópio, instrumento de grande conhecimento, mais precioso do que qualquer cetro! Pois não é ele que colocado em tua mão faz de ti rei e senhor dos trabalhos de Deus?”. E Galileu se tornaria este rei e senhor.

Primeiro Galileu estudou a Lua e mostrou que ela era “cheia de vastas protuberâncias, profundos abismos e sinuosidades”, o que estava em contradição direta com a visão ptolomaica de que os corpos celestes eram esferas perfeitas. A imperfeição dos céus foi reforçada quando Galileu apontou seu telescópio para o Sol e viu manchas e máculas chamadas de manchas solares e que hoje sabemos serem regiões mais frias da superfície solar, com até 100 mil quilômetros de largura.

Então, no mês de janeiro de 1610, Galileu fez uma observação ainda mais importante quando detectou o que inicialmente julgou serem quatro estrelas vagueando nas vizinhanças de Júpiter. Logo ficou evidente que aqueles objetos não eram estrelas, porque se moviam em torno de Júpiter, o que significava que eram luas jovianas. Nunca antes alguém tinha visto uma lua que não fosse a nossa própria. Ptolomeu tinha afirmado que a Terra era o centro do universo, mas ali estava um sinal incontestável de que nem tudo orbitava a Terra.

Galileu, que mantinha correspondência com Kepler, estava bem ciente da última versão kepleriana do modelo copernicano, e percebeu que a descoberta das luas de Júpiter fornecia mais apoio ao modelo de universo



Figura 15 Os desenhos de Ge

centrado no Sol. Ele não t certos, e no entanto conti lo, na esperança de conver visão tradicional do unive impasse seria comprovar t entre os dois modelos. Se um modelo e refutaria ou ser testadas, e é através de

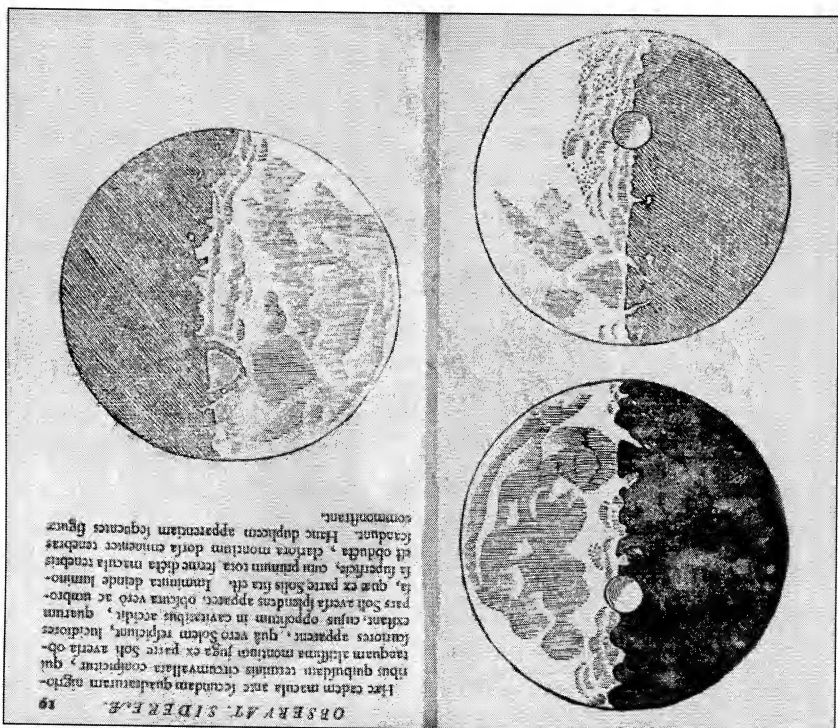
E de fato Copérnico t testada tão logo surgissem No *De revolutionibus*, ele exibir uma série de fases (e)

dos". Instrumentos rivais tinham um illeu tinha uma compreensão melhor nesguir ampliações de sessenta vezes. zianos uma vantagem na guerra, por- ue o inimigo os visse, mas também recassem um navio distante chegan- especiarías. E com isso eles podiam os de mercado despencassem. gão do telescópio, mas percebeu que ntífico. Quando apontou sua luneta le visse mais longe, mais claramente que qualquer um tinha visto antes. sobre o telescópio de Galileu, o as- i potencial e escreveu: "Oh, telescó- nro, mais precioso do que qualquer tua mão faz de ti rei e senhor dos ria este rei e senhor.

lostrou que ela era "cheia de vastas "nosidades", o que estava em contra- que os corpos celestes eram esferas orgada quando Galileu apontou seu áculas chamadas de manchas solares rias da superfície solar, com até 100 alileu fez uma observação ainda mais ilmente julgou serem quatro estrelas zo ficou evidente que aqueles objetos orno de Júpiter, o que significava que tinha visto uma lua que não fosse a ue a Terra era o centro do universo, e nem tudo orbitava a Terra.

cia com Kepler, estava bem ciente copernicano, e percebeu que a des- tais apoio ao modelo de universo

Figura 15 Os desenhos de Galileu para a Lua.



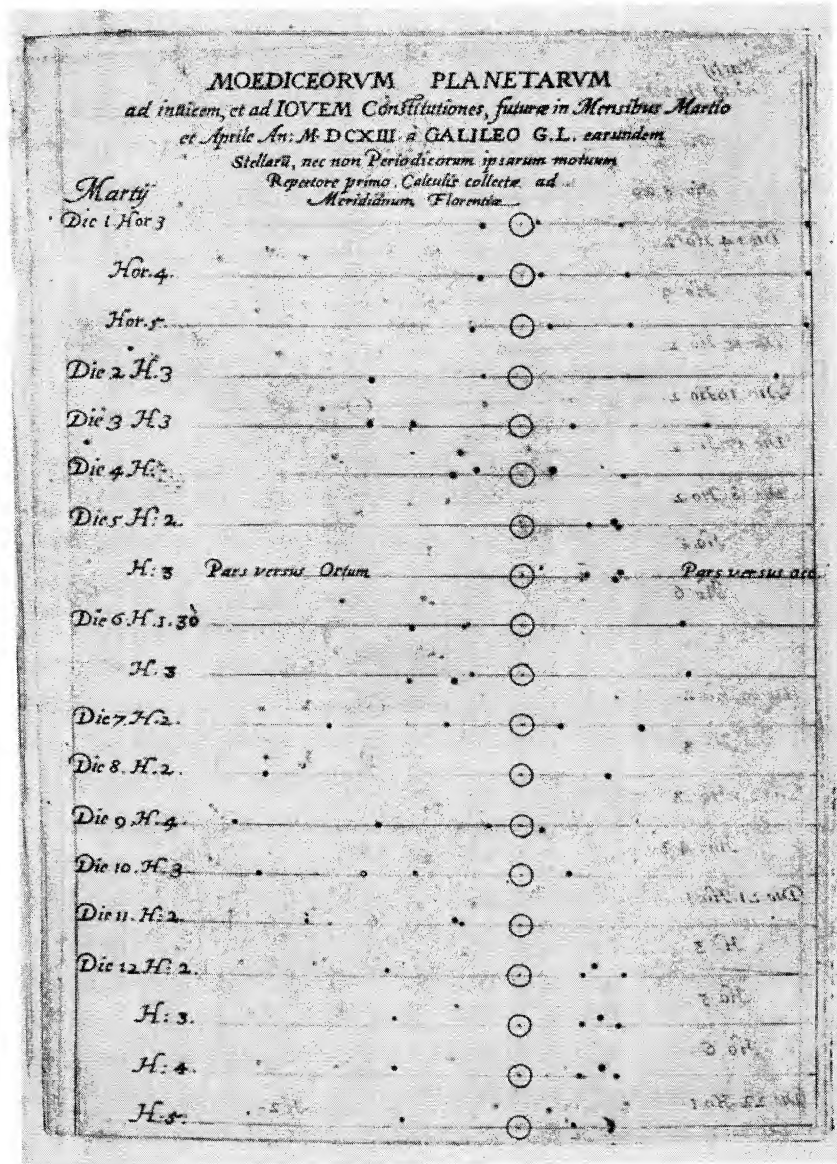


Figura 16 Os esboços de Galileu das mudanças de posição das luas de Júpiter. Os círculos representam Júpiter, e os vários pontos em ambos os lados mostram as posições variáveis das luas. Cada fileira representa uma observação feita em uma data e hora específicas, com uma ou mais observações por noite.

semelhante às fases da Lua, orbitasse o Sol ou vice-versa. Isso não explicaria as fases porque Copérnico estava confiante de que suas previsões fossem capazes de tornar poderoso o bastão da ciência.

Deixando Mercúrio e Vênus, as fases torna-se aparecendo pelo Sol, mas do mesmo modo sempre está apontada para o Sol. No modelo centrado na Terra, as fases são determinadas pela trajetória do planeta em relação ao seu epiciclo. O movimento das fases é diferente por ser centrado no Sol, sem nenhum epiciclo. A ausência de Vênus cresce a qualquer dúvida razoável, que não pode ser resolvida.

No outono de 1610, Galileu começou a cartografar as fases de Júpiter e suas luas. Ele descobriu que as luas estavam perfeitamente na linha de visão extra para a descoberta de uma anotação. *Haec immatura a me iam* (Esta imatura de mim já) jovens para serem lidas por anagrama codificado que *figuras aemulatur Mater* (as figuras imitam a Mãe do Amor). Cíntia e a Mãe do Amor descoberto.

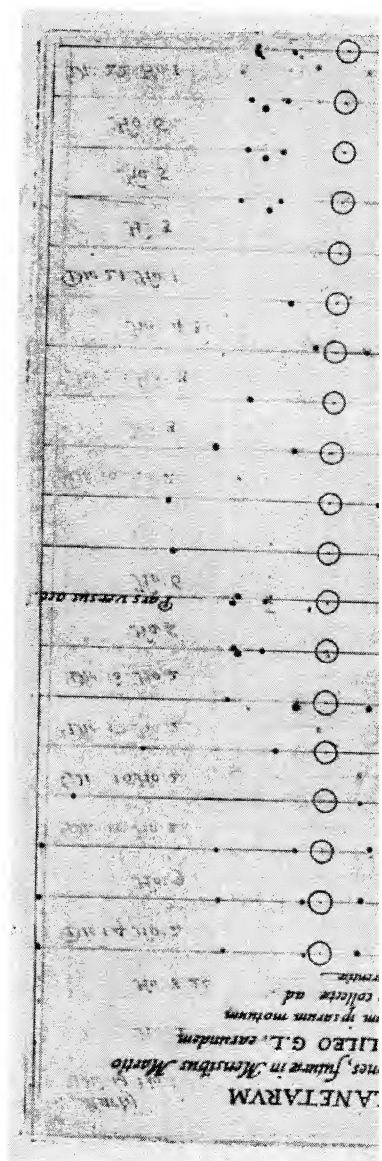
A defesa do universo descoberto. A tabela 2 (página seguinte, mostra c

semelhante às fases da Lua e o exato padrão das fases dependeria de a Terra orbitasse o Sol ou vice-versa. No século XV, ninguém poderia verificar o padrão das fases porque o telescópio ainda tinha que ser inventado, mas Copérnico estava confiante de que era apenas uma questão de tempo até que suas previsões fossem comprovadas. "Se o sentido da visão pudesse se tornar poderoso o bastante, poderíamos ver as fases em Mercúrio e Vênus." Deixando Mercúrio de lado e se concentrando em Vênus, o significado das fases torna-se aparente na figura 17. Vênus tem sempre um lado iluminado pelo Sol, mas do nosso ponto de observação, na Terra, essa face nem sempre está apontada para nós, e assim vemos Vênus passar por uma série de fases. No modelo centrado na Terra, de Ptolomeu, a sequência de fases é determinada pela trajetória de Vênus em torno da Terra e obedece rigorosamente ao seu epíclio. Contudo, no modelo centrado no Sol, a sequência de fases é diferente por ser determinada pela trajetória de Vênus em torno do Sol, sem nenhum epíclio. Se alguém pudesse identificar a verdadeira sequência de Vênus crescente e minguante, isso então provaria, além de qualquer dúvida razoável, qual modelo estava certo.

No outono de 1610, Galileu tornou-se a primeira pessoa a testemunhar e cartografar as fases de Vênus. Como esperava, suas observações se encaixavam perfeitamente nas previsões do modelo centrado no Sol, e forneciam munição extra para a defesa da revolução copernicana. Ele relatou sua descoberta em uma anotação criptográfica em latim que se compreendia como *Haec immatura a me iam frustra leguntur oy* ("Estas atualmente são muito jovens para serem lidas por mim"). Mais tarde ele revelou que a frase era um anagrama codificado que, se decifrado, seria compreendido como *Cynthiae figuras aemulatur Mater Amorum* (As imagens de Cíntia são imitadas pela Mãe do Amor). Cíntia era uma referência à Lua, cujas fases já eram familiares, e a Mãe do Amor era uma alusão a Vênus, cujas fases Galileu tinha descoberto.

A defesa do universo centrado no Sol tornava-se mais forte a cada nova descoberta. A tabela 2 (pp41-42) compara os modelos centrados no Sol e na Terra com base em observações pré-copernicanas, mostrando por que o modelo centrado na Terra fazia mais sentido na Idade Média. A tabela 3, na página seguinte, mostra como as observações de Galileu tornaram o modelo

e posição das luas de Júpiter. Os círculos mostram as posições de observação feita em uma data e hora



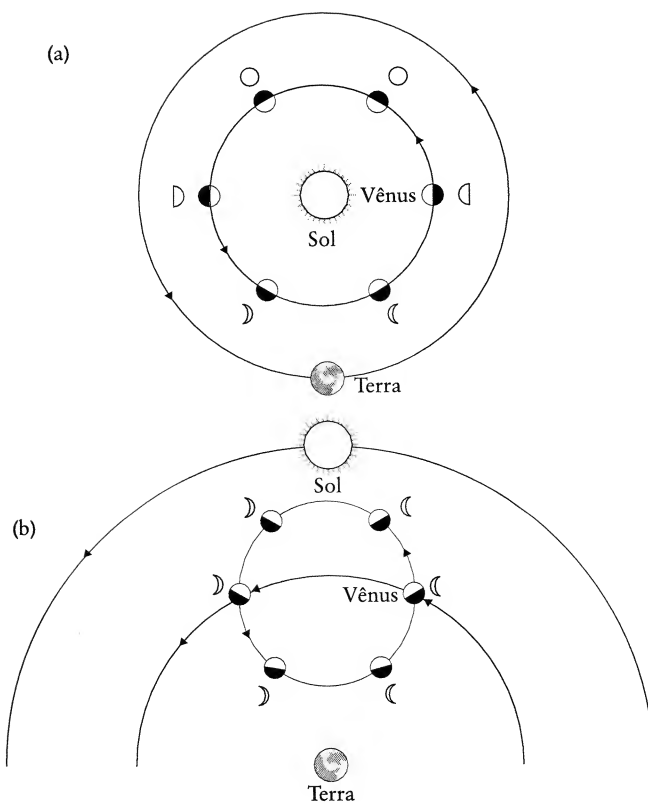


Figura 17 As precisas observações das fases de Vênus por Galileu provaram que Copérnico estava certo e Ptolomeu, errado. No modelo do universo centrado no Sol, mostrado no diagrama (a), a Terra e Vênus orbitam o Sol. Embora Vênus esteja sempre parcialmente iluminado pelo Sol, do ponto de vista da Terra o planeta parece passar por um ciclo de fases, transformando-se de um crescente num disco. As fases são mostradas ao lado de cada posição de Vênus.

No modelo de universo centrado na Terra, Vênus e o Sol orbitam a Terra e além disso Vênus se move em seu próprio epiciclo. As fases dependem do lugar onde Vênus se encontra em sua órbita e no seu epiciclo. No diagrama (b), a órbita de Vênus é tal que o planeta fica aproximadamente entre a Terra e o Sol, o que dá origem às fases mostradas. Ao identificar a série real de fases, Galileu pôde verificar qual modelo estava correto.

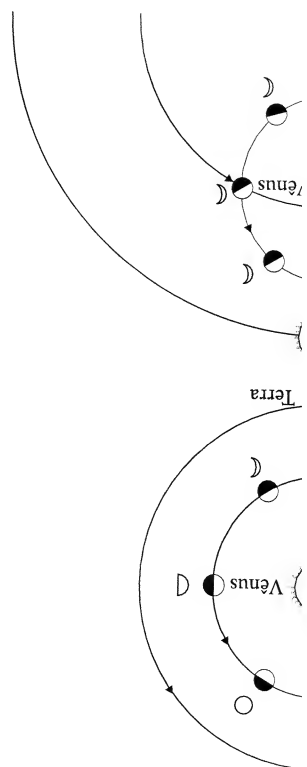
centrado no Sol mais favorável à gravidade centrada no Sol seriam rejeitadas. O movimento da Terra em torno do Sol não estaria de acordo com a ciência, como demonstrado com a ciência, como demonstrado

Tabela 3

Esta tabela enumera dez critérios para avaliar o modelo de Terra e no Sol, com base no trabalho de Galileu. As cruzes e os vês das fases de Vênus em relação aos critérios e um por cento de acordo com a avaliação baseada em pp. 41-42), o modelo centrado na Terra é mais devido às novas observações advindo do telescópio.

Critério	
1. Bom senso	Pa de
2. Consciência de movimento	Na to, se
3. Cair no solo	A qu sol cei
4. Paralaxe estelar	Nã cu, um est
5. Previsão de órbitas planetárias	Co

ênus por Galileu provaram que Copérnico
o universo centrado no Sol, mostrado no
mora Vênus esteja sempre parcialmente
o planeta parece passar por um ciclo de
disco. As fases são mostradas ao lado de
Vênus e o Sol orbitam a Terra e além
As fases dependem do lugar onde Vênus
o diagrama (b), a órbita de Vênus é tal
Terra e o Sol, o que dá origem às fases
s, Galileu pôde verificar qual modelo



centrado no Sol mais favorável. As fraquezas remanescentes do modelo
centrado no Sol seriam removidas mais tarde, quando os cientistas entende-
ram melhor a gravidade e conseguiram perceber por que não sentimos o
movimento da Terra em torno do Sol. E, embora o modelo centrado no Sol
não estivesse de acordo com o bom senso, um dos critérios na tabela, essa
não era realmente uma deficiência, porque o bom senso pouco tem a ver
com a ciência, como demonstramos anteriormente.

Tabela 3

Esta tabela enumera dez critérios importantes em relação aos modelos centrados na
Terra e no Sol, com base no que se conhecia em 1610, depois das observações de
Galileu. As cruzes e os vês dão uma indicação do desempenho de cada modelo em
relação aos critérios e um ponto de interrogação indica a ausência de dados. Compa-
rado com a avaliação baseada na evidência disponível antes de Copérnico (tabela 2,
pp. 41-42), o modelo centrado no Sol agora parece mais convincente. Isto é parcial-
mente devido às novas observações (pontos 8, 9 e 10) que só foram possíveis com o
advento do telescópio.

Critério	Modelo centrado na Terra	Sucesso
1. Bom senso	Parece óbvio que tudo gira em torno de Terra	✓
2. Consciência de movimento	Não detectamos nenhum movimento, portanto a Terra não pode estar se movendo	✓
3. Cair no solo	A centralidade da Terra explica por que todos os objetos parecem cair no solo, eles estão sendo atraídos para o centro do universo	✓
4. Paralaxe estelar	Não há detecção de paralaxe estelar cuja ausência seja compatível com uma Terra estática e um observador estacionário	✓
5. Previsão de órbitas planetárias	Coincidem muito bem	✓

6. Movimento retrógrado dos planetas	Explicado com epíclis e deferentes.	✓
7. Simplicidade	Muito complicado, epíclis deferentes, equantes e excêntricos para cada planeta.	✓
8. Fases de Vênus	Não consegue prever as fases observadas.	X
9. Manchas no Sol e na Lua	Problemático — este modelo surge de uma visão aristotélica, que também afirma que os céus são perfeitos.	X
10. Luas de Júpiter	Problemático — supõe-se que tudo orbite a Terra!	X

Critério	Modelo centrado no Sol	Sucesso
1. Bom senso	Ainda exige um salto de imaginação e lógica para ver que a Terra pode girar ao redor do Sol.	X
2. Consciência do movimento	Galileu estava no caminho para explicar por que não sentimos o movimento da Terra em torno do Sol.	?
3. Cair no solo	Não existe explicação óbvia num modelo em que a Terra não está localizada no centro; somente mais tarde Newton explicaria a gravidade nesse contexto.	X
4. Paralaxe estelar	A Terra se move, assim a aparente ausência de paralaxe deve ser devida às imensas distâncias estelares; a paralaxe seria detectada com melhores telescópios.	?

5. Previsão de órbitas planetárias	Enco
6. Movimentos retrógrados dos planetas	Co to po
7. Simplicidade	Mu
8. Fases de Vênus	Pre vac
9. Manchas no Sol e na Lua	Ne não ção lest
10. Luas de Júpiter	Ne tol

Nesse ponto da história, tar o modelo centrado no S maioria dos astrônomos pa girava em torno de uma Ter tual ou emocional para um Francesco Sizi ouviu falar na pareciam sugerir que a Terr argumento muito estranho: poderiam ter influência sob riam”. O filósofo Giulio Lit gou até a recusar-se a olhar Quando Libri morreu, Galil solares, as luas de Júpiter e :

A Igreja Católica, do me que a Terra estava fixa no cer jesuítas confirmaram a preci diante os teólogos admitiram

iclos e diferentes.	✓
3, epíclis de diferen- cêntricos para cada	✓
ver as fases obser-	X
este modelo surge stotélica, que tam- cêus são perfeitos.	X
supõe-se que tudo	X
trado no Sol	Sucesso
lto de imaginação que a Terra pode	X
Sol.	
caminho para ex- sentimos o movi- torno do Sol.	?
ão óbvia num mo- ra não está locali- mente mais tarde a gravidade nesse	X
assim a aparente e deve ser devida cias estelares; a cada com melho-	?

Nesse ponto da história, todos os astrônomos deveriam ter passado a ado-
tar o modelo centrado no Sol, mas não houve nenhuma grande mudança. A
maioria dos astrônomos passara a vida inteira convencida de que o universo
girava em torno de uma Terra estática e não conseguia realizar o salto intelec-
tual ou emocional para um universo centrado no Sol. Quando o astrônomo
Francesco Sizi ouviu falar nas observações das luas de Júpiter por Galileu, que
pareciam sugerir que a Terra não era o eixo de tudo, apresentou um contra-
argumento muito estranho: "As luas eram invisíveis a olho nu e portanto não
podiam ter influência sobre a Terra e portanto seriam inúteis e não existi-
riam". O filósofo Giulio Libri assumiu uma postura igualmente ilógica e che-
gou até a recusar-se a olhar pelo telescópio por uma questão de princípios.
Quando Libri morreu, Galileu sugeriu que ele afinal poderia ver as manchas
solares, as luas de Júpiter e as fases de Vênus em sua jornada para o céu.

A Igreja Católica, do mesmo modo, não queria abandonar sua doutrina de
que a Terra estava fixa no centro do Universo, nem mesmo quando matemáticos
jesuitas confirmaram a precisão superior do modelo centrado no Sol. Daí em
diante os teólogos admitiram que o modelo centrado no Sol era capaz de fazer

5. Previsão de órbitas planetárias	Entendimento perfeito depois da contribuição de Kepler.	✓
6. Movimentos retró- grados das planetas	Consequência natural do movimen- to da Terra e da mudança de nosso ponto de observação.	✓
7. Simplicidade	Muito simples — tudo segue elipses	✓
8. Fases de Vênus	Preve com sucesso as fases obser- vadas.	✓
9. Manchas no Sol e na Lua	Nenhum problema — este modelo não faz comentários sobre a perfei- ção ou imperfeição dos corpos ce- lestes.	✓
10. Luas de Júpiter	Nenhum problema — este modelo tolera múltiplos centros.	✓

previsões excelentes para as órbitas planetárias, mas ainda se recusavam a aceitar que fosse uma representação válida da realidade. Em outras palavras, o Vaticano via o modelo centrado no Sol do mesmo modo como os estudantes da língua inglesa usam a frase: *How I need a drink, alcoholic of course, after the heavy lectures involving quantum mechanics* (“Ah, como eu preciso de uma bebida, alcoólica é claro, depois das aulas maçantes sobre mecânica quântica”). Esta frase, em inglês, é uma senha mnemônica para o número π . Somando o número de letras em cada palavra, teremos o valor 3,14159265358979, que é o verdadeiro valor de π até 14 casas decimais. A frase é um artifício altamente preciso para representar o valor de π , mas ao mesmo tempo sabemos que π não tem nada a ver com álcool. A Igreja mantinha a postura de que o modelo de universo centrado no Sol tinha um valor semelhante — preciso e útil, mas irreal.

Entretanto, os copernicanos continuaram a argumentar que o modelo centrado no Sol era bom para prever a realidade pelo simples motivo de que o Sol na verdade era o centro do universo. Não surpreende que isso tenha provocado uma dura reação da Igreja. Em fevereiro de 1616, um comitê de conselheiros da Inquisição declarou formalmente que adotar o modelo de universo com o Sol no centro era heresia. E, como resultado desse decreto, o *De revolutionibus* de Copérnico foi banido em março de 1616, 63 anos depois de publicado.

Galileu não se conformou com a condenação da Igreja às suas idéias científicas. Embora fosse um católico devoto, também era um racionalista apaixonado, e havia conseguido conciliar esses dois sistemas de crenças. Chegara à conclusão de que os cientistas estavam mais bem qualificados para comentar o mundo material, enquanto os teólogos estavam mais preparados para falar do mundo espiritual e sobre como se deve viver no mundo material. Galileu afirmava: “A Escritura Sagrada destina-se a ensinar aos homens como ir para o Céu e não como o céu funciona”.

Se a Igreja criticasse o modelo centrado no Sol pela identificação da debilidade do argumento, ou alegando pobreza de dados, Galileu e seus colegas estariam dispostos a ouvir, mas as críticas eram puramente ideológicas. Galileu preferiu ignorar os pontos de vista dos cardeais e ano após ano continuou a insistir numa nova visão do universo. Finalmente, em 1623 ele viu uma oportunidade de derrubar a ordem estabelecida quando seu amigo, o cardeal Maffeo Barberini, foi eleito para o trono papal como Urbano VIII.

Galileu e o novo papa se conheciam desde que freqüentaram a mesma



Figura 18 Copérnico (à esquerda, embaixo) e Galileu foram responsáveis por um modelo de universo na Terra para um modelo de universo em um aspecto-chave do progresso desenvolvem e são aperfeiçoados construindo a partir do trabalho

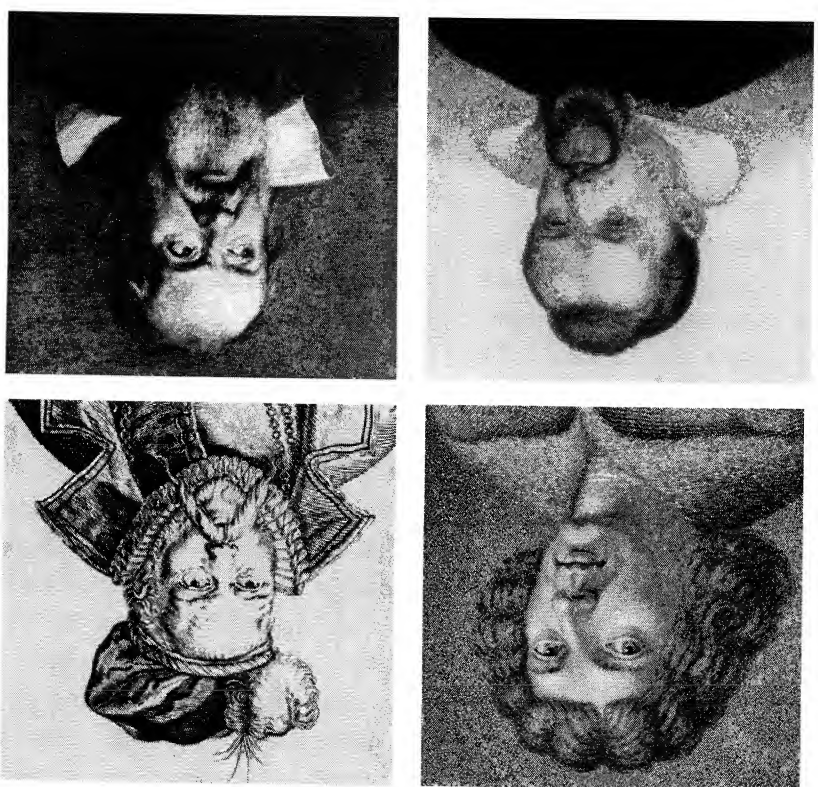
Copérnico estava preparando o satélite e promoveu o Sol ao primeiro fornecedor a evidência observacional a maior falha no modelo levemente elíptico e não perfeito para descobrir a evidência funcional a Terra não era o centro de tudo mostrou que as fases de Vênus são no Sol.

tárias, mas ainda se recusavam a aceitar o mesmo modo como os estudantes da realidade. Em outras palavras, o *a drink, alcoholic of course, after de* ("Ah, como eu preciso de uma bebida", "Ah, como eu preciso de uma bebida", "Ah, como eu preciso de uma bebida") magantes sobre mecânica quântica"). Sômando o número π . Sômando o valor 3,14159265358979, que é o π . A frase é um artifício altamente ao mesmo tempo sabemos que π não tinha a postura de que o modelo de semelhante — preciso e útil, mas irreal. Jaram a argumentar que o modelo alidade pelo simples motivo de que o Não surpreende que isso tenha proviro de 1616, um comitê de conselheue adotar o modelo de universo comido desse decreto, o *De revolutionibus* 16, 63 anos depois de publicado. ondenação da Igreja às suas idéias evoto, também era um racionalista ar esses dois sistemas de crenças. estavam mais bem qualificados para s teólogos estavam mais preparados cmo se deve viver no mundo mate-da destina-se a ensinar aos homens mciona".

trado no Sol pela identificação da obreza de dados, Galileu e seus córticas eram puramente ideológicas. ra dos cardeais e ano após ano converso. Finalmente, em 1623 ele viu estabelecida quando seu amigo, o o trono papal como Urbano VIII. desde que freqüentaram a mesma

Copérnico estava preparado para dar o salto teórico que relegou a Terra a um mero satélite e promoveu o Sol ao papel central. Tycho Brahe, apesar do seu nariz de latão, forneceria a evidência observacional que, mais tarde, ajudaria Johannes Kepler a identificar a maior falha no modelo de Copérnico, ou seja, que as órbitas planetárias são levemente elípticas e não perfeitamente circulares. E por fim Galileu usou o telescópio para descobrir a evidência fundamental que convenceria os incredulos. Ele mostrou que a Terra não era o centro de tudo porque Júpiter tinha seus próprios satélites. Também mostrou que as fases de Vênus só eram compatíveis com um modelo de universo centrado no Sol.

Figura 18 Copérnico (à esquerda, no alto), Tycho (à direita, no alto), Kepler (à esquerda, embaixo) e Galileu foram responsáveis por impulsionar a mudança de modelo centrado na Terra para um modelo de universo centrado no Sol. Juntas, suas realizações ilustram um aspecto-chave do progresso científico, ou seja, como as teorias e os modelos se desenvolvem e são aperfeiçoados ao longo do tempo, por vários cientistas, cada um construindo a partir do trabalho do outro.



universidade em Pisa. Logo após sua nomeação, Urbano VIII concedeu a Galileu seis longas audiências. Numa delas, Galileu mencionou sua idéia de escrever um livro que comparasse as duas visões do universo, e, quando deixou o Vaticano, saiu com a firme impressão de que recebera as bênçãos do papa. Retornou a seu gabinete e começou o que seria um dos livros mais controvertidos já publicados na história da ciência.

Em seu *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, Galileu usou três personagens para explorar os méritos das visões de mundo centradas no Sol e na Terra. Salviati apresentava a visão preferida de Galileu do Sol no centro, e era claramente um homem inteligente, culto e eloqüente. Simplicio, o bufão, tentava defender a visão centrada na Terra. E Sagredo agia como um mediador, guiando a conversa entre os dois personagens, embora seu ponto de vista às vezes transparecesse, quando ele zombava e criticava Simplicio ao longo do texto. Tratava-se de um texto acadêmico, mas o artifício de usar personagens para explicar os argumentos e contra-argumentos o tornaram acessível a um público mais amplo. Também ajudava o fato de o livro ser escrito em italiano e não em latim; assim, o objetivo de Galileu era claramente conquistar amplo apoio popular para o universo centrado no Sol.

O *Diálogo* foi por fim publicado em 1632, quase uma década depois de Galileu ter conseguido, ao que tudo indica, a aprovação do papa. O enorme atraso entre a concepção e a publicação acabou tendo graves conseqüências, porque a Guerra dos Trinta Anos tinha mudado o panorama político e religioso e o papa Urbano VIII agora estava disposto a esmagar Galileu e seus argumentos. A Guerra dos Trinta Anos tivera início em 1618, quando um grupo de protestantes invadiu o palácio real, em Praga, e atirou pelas janelas superiores dois altos funcionários, num evento conhecido como “a defenestração de Praga”. O povo local estava enfurecido com a contínua perseguição do rei católico aos protestantes e, ao realizar esta ação, eles provocaram um violento levante das comunidades protestantes da Hungria, Transilvânia, Boêmia e outras partes da Europa.

Na ocasião em que o *Diálogo* foi publicado, a guerra assolava havia 14 anos, e a Igreja Católica sentia-se cada vez mais alarmada com a crescente ameaça dos protestantes. O papa tinha que ser um forte defensor da fé católica, e ele decidiu que parte de sua nova estratégia populista seria dar meia-volta e condenar os escritos blasfemos de qualquer cientista herege que se atrevesse a questionar a visão tradicional do universo centrado na Terra.

Uma explicação mais astrônomos invejosos da servadores e fomentaram alguns dos pronunciamentos declarações do bufão Simplicio, sem levar em conta as leis resposta sarcástica de Salviati poderia ter feito os passos veias cheias de mercúrio, bem pequenas. Mas ele não para esconder a sua ignorância.

Logo depois da publicação do *Diálogo*, Galileu foi considerado “veemente suspeita de heresia” e estava muito doente para viajar, e acabou ficando em casa. Enquanto esperava pela cura, ele escreveu o *Diálogo* e ordenou à gráfica que o publicasse o mais tarde demais — todos tinham medo.

O julgamento começou centrado no conflito entre Galileu e o papa de que “Deus fixou a Terra no centro e nunca mais”. A maioria dos cardeais, incluindo o cardeal Bellarmine: “Afirmação quanto afirmar que Jesus Cristo cardeais que presidiam o julgamento da Galileu, liderada pelo papa Urbano VIII. Durante duas semanas até ameaças de tortura, e a condenação. Até certo ponto e culpado, Galileu não foi simplesmente sentenciado ao *diálogo*, acrescentado à lista dos *heréticos*. Barberini foi um dos

Uma explicação mais pessoal para a drástica mudança do papa é que astrônomos invejosos da fama de Galileu se uniram aos cardeais mais conservadores e fomentaram o problema. Eles teriam destacado paralelos entre alguns dos pronunciamentos mais ingênuos do papa, sobre astronomia, e as declarações do bafão Simplício nos diálogos. Urbano tinha afirmado, exatamente como Simplício, que um Deus onipotente havia criado o universo sem levar em conta as leis da física. E assim o papa teria sido humilhado pela resposta sarcástica de Salviati a Simplício nos *Diálogos*: "Certamente Deus poderia ter feito os pássaros voarem com ossos feitos de ouro sólido, com as veias cheias de mercúrio, a carne mais pesada do que o chumbo e com asas bem pequenas. Mas ele não o fez, e isso devia nos mostrar alguma coisa. E só para esconder a sua ignorância que mencionas o Senhor a todo momento". Logo depois da publicação do *Diálogo*, a Inquisição ordenou o comparecimento de Galileu perante seu tribunal para responder a acusações de "veemente suspeita de heresia". Quando Galileu protestou, dizendo que estava muito doente para viajar, a Inquisição ameaçou prendê-lo e arrastá-lo acorrentado até Roma. Então ele concordou e se preparou para a viagem. Enquanto esperava pela chegada de Galileu, o papa tentou recolher o *Diálogo* e ordenou à gráfica que enviasse todos os exemplares para Roma, mas era tarde demais — todos tinham sido vendidos.

O julgamento começou em abril de 1633. A acusação de heresia estava centrada no conflito entre os pontos de vista de Galileu e a afirmação bíblica de que "Deus fixou a Terra sobre suas fundações, para que não se movesse nunca mais". A maioria dos membros da Inquisição assumiu a opinião do cardeal Bellarmine: "Afirmar que a Terra gira em torno do Sol é tão errado quanto afirmar que Jesus não nasceu de uma virgem". Todavia, entre os dez cardeais que presidiam o julgamento, havia uma facção racionalista simpática a Galileu, liderada por Francesco Barberini, sobrinho do papa Urbano VIII. Durante duas semanas, acumularam-se provas contra Galileu, e houve até ameaças de tortura, mas Barberini continuamente pedia calma e tolerância. Até certo ponto ele foi bem-sucedido. Depois de ser considerado culpado, Galileu não foi nem executado nem lançado numa masmorra. Foi simplesmente sentenciado à prisão domiciliar por tempo indefinido, e o *Diálogo*, acrescido à lista de livros proibidos, o *Index librorum prohibitorum*. Barberini foi um dos três juízes que não assinaram a sentença.

meação, Urbano VIII concedeu a Galileu mencionou sua idéia de as visões do universo, e, quando sessão de que recebera as bênçãos ou o que seria um dos livros mais a ciência.

sistemas do mundo, Galileu usou das visões de mundo centradas no o preferência de Galileu do Sol no entre, culto e eloquente. Simplício, a Terra. E Sagredo agia como um s personagens, embora seu ponto zombava e criticava Simplício ao adêmico, mas o artifício de usar e contra-argumentos o tornaram im ajudava o fato de o livro ser objetivo de Galileu era claramente verso centrado no Sol.

quase uma década depois de Galileu io do papa. O enorme atraso entre as consequências, porque a Guerra político e religioso e o papa Urbano e seus argumentos. A Guerra dos r grupo de protestantes invadiu o superiores dois altos funcionários, de Praga". O povo local estava atóxico aos protestantes e, ao reatante das comunidades protestantes da Europa.

do, a guerra assolava havia 14 mais alarmada com a crescente r um forte defensor da fé catórtiga populista seria dar meia- qualquer cientista herege que se universo centrado na Terra.

O julgamento de Galileu e sua punição constituem um dos episódios mais negros da história da ciência, um triunfo da irracionalidade sobre a lógica. No final do julgamento, Galileu foi forçado a abjurar, negar a verdade de seus argumentos. Contudo, ele conseguiu manter um pouco de seu orgulho em nome da ciência. Depois de ouvir a sentença de joelhos, ele se levantou e teria murmurado as palavras "*Eppur si muove!*" ("E no entanto ela se move!"). Em outras palavras, a verdade é ditada pela realidade, não pela Inquisição. A despeito do que a Igreja pudesse afirmar, o universo ainda funcionava de acordo com suas próprias leis científicas imutáveis, e a Terra de fato orbitava o Sol.

Galileu mergulhou no isolamento. Confinado a sua casa, ele continuou a pensar a respeito das leis que regem o Universo, mas suas pesquisas foram severamente limitadas quando ele ficou cego em 1637, talvez devido a um glaucoma provocado pela observação do Sol através do telescópio. O grande observador não podia mais observar. Galileu morreu em 8 de janeiro de 1642. E, num ato final de punição, a Igreja não permitiu que ele fosse enterrado em terreno consagrado.

A pergunta fundamental

O modelo centrado no Sol aos poucos se tornou amplamente aceito pelos astrônomos ao longo do século seguinte, em parte porque mais prova observacional estava sendo reunida com a ajuda de telescópios melhores e em parte devido aos avanços teóricos para explicar a física subjacente ao modelo. Outro fator importante foi que uma geração de astrônomos tinha morrido. A morte é um elemento essencial no progresso da ciência, já que elimina os cientistas conservadores da geração anterior, relutantes em abandonar uma teoria velha e falaciosa para adotar uma nova e mais precisa. Sua teimosia é compreensível, já que associam o trabalho de uma vida inteira a um modelo estabelecido e hesitam em face da possibilidade de abandoná-lo a favor de um novo modelo. Como Max Planck, um dos maiores físicos do século XX comentou, "uma inovação científica importante raramente se estabelece aos poucos, conquistando e convertendo seus opositores: é muito pouco comum que Saulo se transforme em Paulo. O que acontece é que os opositores gradualmente vão morrendo e a nova geração se familiariza com a idéia desde o começo".

Em paralelo à aceitação de astronômica, houve também. Os teólogos perceberam que os homens cultos consideravam sua posição em relação à astronomia origem a um período de lições científicas aplicariam sua cosmologia relacionadas ao mundo natural filosóficos e os dogmas religiosos, lógicas e verificáveis. E a reprodução, dos compostos.

Contudo, uma questão que os cientistas concordavam era inacessível a qualquer um que não estivesse disposto a enfrentar a pergunta criada. Os cientistas se corrompia a criação do universo era mais, a abordagem desse assunto que se desenvolvera entre o Big Bang sem Deus teriam XVIII, assim como o universo século XVII. Na Europa, a inquestionável sobre a criação científicos aceitava que Deus tinha criado.

Parecia que a única que o universo. Os estudiosos perseguiu em diante, somando os antigos profetas, os reis e assim por totais enquanto prosseguia estimada da criação variass contagem. Afonso X, de Castela pelas *Tábuas alfonsinas*, sua data do 6904 a.C., enquanto João inferior da escala, 3992 a.C.

Em paralelo à aceitação da visão de universo heliocêntrica pela comunidade de astrônomos, houve também uma mudança de atitude por parte da Igreja. Os teólogos perceberam que pareciam tolos se continuassem a negar o que os homens cultos consideravam uma realidade. Assim, a Igreja suavizou sua posição em relação à astronomia e a muitas outras áreas da ciência, o que deu origem a um período de liberdade intelectual. Ao longo do século XVIII, os cientistas aplicariam sua competência a uma ampla variedade de questões relacionadas ao mundo natural, substituindo os mitos sobrenaturais, os erros filosóficos e os dogmas religiosos por respostas e explicações naturais precisas, lógicas e verificáveis. Eles estudaram tudo, da natureza da luz ao processo da reprodução, dos componentes da matéria à mecânica dos vulcões.

Contudo, uma questão em especial era notoriamente ignorada, porque os cientistas concordavam que ela estava além de sua alçada, e de fato parecia inacessível a qualquer empreitada intelectual. Parecia que ninguém estava disposto a enfrentar a pergunta fundamental sobre como o universo fora criado. Os cientistas se contentavam em explicar os fenômenos naturais, e a criação do universo era considerada um fenômeno sobrenatural. Além do mais, a abordagem desse assunto teria colocado em risco o respeito mútuo que se desenvolvera entre a ciência e a religião. As noções modernas de um Big Bang sem Deus teriam parecido heréticas para os teólogos do século XVIII, assim como o universo centrado no Sol ofendia a Inquisição no século XVII. Na Europa, a Bíblia continuava a ser considerada a autoridade inquestionável sobre a criação do universo, e a grande maioria dos católicos aceitava que Deus tinha criado o céu e a Terra.

Parecia que a única questão aberta à discussão era *quando* Deus criara o universo. Os estudiosos percorriam as listas de gerações bíblicas, do Gênesis em diante, somando os anos a cada nascimento, levando em conta Adão, os profetas, os reis e assim por diante, mantendo um cuidadoso registro dos totais enquanto prosseguiam. Havia incertezas suficientes para que a data estimada da criação variasse em até 3 mil anos, dependendo de quem fazia a contagem. Afonso X, de Castela e Leão, por exemplo, o rei responsável pelas *Tabuas alfonsinas*, sugeria a data mais antiga para a criação como sendo 6904 a.C., enquanto Johannes Kepler preferia uma data na extremidade inferior da escala, 3992 a.C.

constituem um dos episódios mais irracionais sobre a lógica. No entanto, negar a verdade de seus próprios olhos, ele se levantou e teria dito: "E no entanto ela se move!". Em 1642, através do telescópio. O grande morreu em 8 de janeiro de 1642. O em 1637, talvez devido a um erro, mas suas pesquisas foram nadas a sua casa, ele continuou a Terra de fato orbitava o Sol.

du amplamente aceito pelos astrô- porque mais prova observacional os melhores e em parte devido aos ao modelo. Outro fator impor- a morrido. A morte é um elemen- mina os cientistas conservadores uma teoria velha e falaciosa para é compreensível, já que associam estabelecido e hesitam em face da ovo modelo. Como Max Planck, ou, "uma inovação científica im- conquistando e convertendo seus se transforme em Paulo. O que io morrendo e a nova geração se

amental